

DERWENT-ACC-NO: 1997-128536

DERWENT-WEEK: 199712

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Flat glass sheet mfr. for improved cutting speed - by using laser power distribution comprising component mixt. of specified value and forming crack traversing glass sheet

PATENT-ASSIGNEE: CORNING INC [CORG]

PRIORITY-DATA: 1995US-0573474 (December 15, 1995) , 1995US-000497P (June 26, 1995)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 09012327 A 033/09	January 14, 1997	N/A	006	C03B

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP 09012327A	N/A	1996JP-0166138	June 26, 1996

INT-CL (IPC): B23K026/00, C03B033/09

RELATED-ACC-NO: 1996-188350, 1997-179005, 1997-358325

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 09012327A

BASIC-ABSTRACT:

In mfr. of a flat glass sheet comprising the moving process of a laser beam traversing a glass sheet to form a crack traversing the glass sheet, laser has power distribution comprising a mixt. component of TEM sub. 01 mode and a TEM sub. 00 mode.

ADVANTAGE - Cutting speed is improved.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/3

TITLE-TERMS: FLAT GLASS SHEET MANUFACTURE IMPROVE CUT SPEED LASER POWER
DISTRIBUTE COMPRISE COMPONENT MIXTURE SPECIFIED VALUE FORMING CRACK
TRAVERSE GLASS SHEET

DERWENT-CLASS: L01 P55

CPI-CODES: L01-G07;

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1997-041083
Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1997-106481

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-12327

(43)公開日 平成9年(1997)1月14日

(51)Int.Cl. ^a C 03 B 33/09 B 23 K 26/00	識別記号 3 2 0	府内整理番号 F I C 03 B 33/09 B 23 K 26/00	技術表示箇所 3 2 0 E
--	---------------	---	-------------------

審査請求 未請求 請求項の数8 OL (全6頁)

(21)出願番号 特願平8-166138

(22)出願日 平成8年(1996)6月26日

(31)優先権主張番号 000497

(32)優先日 1995年6月26日

(33)優先権主張国 米国(US)

(31)優先権主張番号 573474

(32)優先日 1995年12月15日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 390037903

コーニング インコーポレイテッド
CORNING INCORPORATE
D

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 コーニング(番地なし)

(72)発明者 ハリー イー メネガス

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14812
ビーバー ダムズ ホーンビー ロード
1014

(74)代理人 弁理士 柳田 征史(外1名)

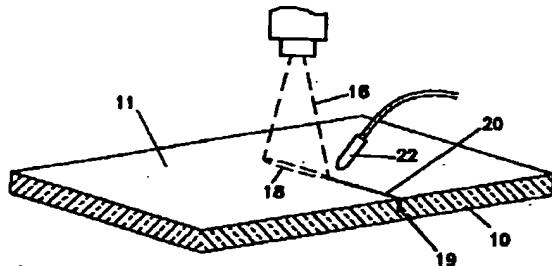
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ガラス切断方法および装置

(57)【要約】

【課題】 大きなガラスシートを小さく分割するガラス切断システムにおいて、切断速度を向上する。

【解決手段】 ガラスシートを横断する部分的クラックを形成するために、高次の(TEM₀₀モードより高次の)パワー分布を有するレーザを使用する。ガラスシートはその後、その部分的クラックの領域でシートを折曲することにより分割される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ガラスシートを横断するクラックを形成するためガラスシートを横断するレーザビームの移動工程からなる平面ガラスシート製造方法において、該レーザがTEM₀₁モードおよびTEM₀₀モードの混合成分からなるパワー分布を有することを特徴とする平面ガラスシート製造方法。

【請求項2】 前記移動工程における前記レーザビームが、少なくとも50%のTEM₀₁モードの成分を有し、残成分为TEM₀₀モードであることを特徴とする請求項1記載の平面ガラスシート製造方法。

【請求項3】 前記移動工程における前記レーザビームが、少なくとも70%のTEM₀₁モードの成分を有し、残成分为TEM₀₀モードであることを特徴とする請求項1記載の平面ガラスシート製造方法。

【請求項4】 前記レーザ移動工程が、前記ガラスシートの深さ方向へ部分的にのみ抜がり該シートを横断するクラックを形成することからなることを特徴とする請求項2記載の平面ガラスシート製造方法。

【請求項5】 前記シートを二つのさらに小さなシートに分割するため前記クラックに沿って該シートを折曲する工程がさらに加わることを特徴とする請求項4記載の平面ガラスシート製造方法。

【請求項6】 前記移動工程における前記レーザビームの断面パワー分布が、該パワー分布の外周領域よりも該パワー分布の中心領域が小さいことを特徴とする請求項1記載の平面ガラスシート製造方法。

【請求項7】 ガラスシートを横断するクラックを形成するためガラスシートを横断するレーザビームの移動工程からなる平面ガラスシート製造方法において、該レーザのパワー分布が、該パワー分布の外周領域の少なくとも一部よりも該パワー分布の中心領域が小さいことを特徴とする平面ガラスシート製造方法。

【請求項8】 前記移動工程が、前記パワー分布の中心領域のパワー強度が0であるレーザビームを移動することからなることを特徴とする請求項7記載の平面ガラスシート製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明に属する技術分野】本発明は、ガラスシートの切断方法に関するものであり、特にガラス切断作業中においてガラスシートを保護する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、ガラス板を分割する際にレーザが使用されてきた。PCT特許第WO93/20015号には、ガラスシートを2分割するために、いわゆるブラインドクラックをガラスシートに横断して伝搬させる際にレーザ光を使用することが述べられている。この特許の一つの具体的形態としては、小さな切り目や切り込み目をガラスシートの片側につけ、その後レーザ光を使用

10

20

30

40

50

して、ガラスシートを通じてクラックを形成してこの切り目や切り込み目を広げる。そのシートをその後、レーザ切り込みラインに沿って機械的切断により二つの小さなシートの分割する。そのような方法を効果的にするため、レーザ光を切り目や切り込み目の領域内においてガラスシートに接触させて、レーザとガラスシートを相対的に動かし、切り込みラインの所望行路において、二つの小さなシートを形成するためレーザ光を伝搬させる。レーザより下流にあるガラスの加熱表面部分に流体冷却剤の流れを向けることが望ましく、それによりレーザ光がガラスシートを加熱後に、ガラスシートはすばやく冷却される。このようにレーザによるガラスシートの加熱と水性冷却剤によるガラスシートの冷却により、ガラスシートを歪ませ、レーザ光と冷却剤が通った方向にクラックを広げる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】PCT特許第PCT/GB93/00699号に述べられているような方法の一つの問題点としては、従来のガラス切断方法のタイプと匹敵するに十分な製造速度が得られないことがある。

【0004】さらに、ガウシアン強度分布を有する従来のレーザを使用した際には、レーザが良好に作用する作業範囲が狭くなってしまう。それゆえ、この作業範囲を広げることには利点がある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、ガラスシートの切断方法に関するものであり、レーザビームの行路に沿ってクラックを誘導するために、ガラスシートを横断する所望行路においてレーザビーム（および冷却剤は任意）を移動させる。これにより生じた熱勾配により、材料の表面層に引っ張り応力を発生させ、この応力がガラスの引っ張り強さを超えると、その材料はブラインドクラックが圧縮状態の領域へと下降して材料に入り込むようになる。その後レーザ光がガラスを横断すると、クラックがレーザ光に追従する。そのクラックの深さ、形状、方向は、応力の分布により決定され、ビームスポットのパワー密度、寸法、形状や、ビームスポットと材料の相対速度、加熱領域へ供給される冷却剤の性質や特性、クラックが入れられる材料の熱物理および機械的特性やその厚みなど、複数の要素に依存する。ガラス上におけるレーザスポットの強度形状もまた、使用できる最大速度を決定する際に重要な要素であることがわかった。本発明においては、レーザは非ガウシアンの強度形状を有する。一つの具体的形態において、レーザビームの強度は2ピークモード、すなわちTEM₀₁モードもしくはTEM₁₀モードで動作する。切断ラインに沿って表面層の非常に局所的な冷却を引き起こすために、ビームスポットの進行方向に沿って適当な冷却剤の流れを材料の領域に向けることが望ましい。

【0006】

【発明の効果】本発明によれば、公知の技術に比して、ガラス切断工程において、切断精度やガラスの切断面を損なうことなく、向上した切り込み速度が達成できるという点で優れている。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明は、レーザ切断技術を使用して所望切断ラインに沿ってガラスシートを切断するシステムに関するものである。図1に示すように、本発明のガラス切断システムにおいて、ガラスシート10は上面および下面の主面11を有する。ガラスシート10はまず、ガラスシート10の一端にクラック開始点19を形成するため、ガラスシートの一端に沿って切り目や切り込み目がいずれられる。このクラック開始点19はその後、所望切断ラインの行路でガラスシートを横切ってレーザビーム16を移動してクラック20を形成するために用いられる。レーザ光は、所望切断ラインに沿った局所領域においてガラスシートを効果的に熱する。その結果生じた局所加熱領域内のガラスシートの温度拡張により、レーザが伝搬する行路に沿ってクラックを広げる应力が生じる。应力分布を高めそれによりクラックの伝搬を促進するため、水ジェット22により水冷却剤を付加することが望ましい。機械的な切り込みを使用する従来の方法よりもこのレーザ切断方法を使用することにより、機械的な切り込みにより生じる多くのガラスチップが除去される。

【0008】ガラス切断工程に使用されるレーザビーム16は、カットするガラス表面を熱しなければならない。結果的に、レーザの放射光はガラスが吸収する波長であることが望ましい。このことが生じるために、放射光は $2\mu\text{m}$ 以上の波長の赤外線であることが望ましく、例えば波長 $9-11\mu\text{m}$ のCO₂レーザ、波長 $5-6\mu\text{m}$ のCOレーザ、波長 $2.6-3.0\mu\text{m}$ のHFレーザ、波長約 $2.9\mu\text{m}$ のエルビウムYAGレーザなどのビームが望ましい。材料表面が加熱される際には、その最大温度は材料の融点を超えてはならない。もし材料の融点を超えると、ガラスが冷却した後に残留熱应力が生じ、クラックが生じてしまう。

【0009】クラック20は、最大熱勾配の領域である加熱および冷却領域の界面に向かってガラス中に形成される。クラックの深さ、形状、方向は、熱弹性应力の分布により決定され、主に以下の複数の要素に基づく。

【0010】—ビームスポットのパワー密度、寸法、形状；

—ビームスポットと材料の相対速度；

—熱物理特性、質、加熱領域に対する冷却剤の供給条件；

—クラックが入る材料の熱物理的および機械的特性、その厚み、および表面状態

異なる材料に対してカットサイクルを最適化するためには、主なるパラメータとカット工程の変数間の適当な関

係を確立することが必要である。国際特許第WO93/20015号に説明されているように、ビームスポット18の寸法と冷却水が流れる領域からの間隔に依存して、ガラス10を横切るレーザ16の相対変位の速度Vとクラック20の深さdは次式の関係である。

$$【0011】 V = k a (b + 1) / d$$

ここで、Vはビームスポットと材料との相対速度で、kは材料の熱物理特性とビームのパワー密度に依存する比例係数であり、aはビームスポットの幅、bはビームスポットの長さ、1はビームスポットの近接端から冷却領域の前端までの距離、dはブラインドクラック4の深さである。

【0012】材料を切断する際に使用するレーザビームの最大パワー密度の決定において、材料表面層の最大温度はその融点を超えてはならない。したがって、低い熱分割速度で、厚いガラスの低溶解度に対して、約 $0.3 \times 10^6 \text{ W/m}^2$ の最小パワー密度でも許容できる。高融点や高い熱伝導を有する高溶解の石英ガラスやコランダムや他の材料を分割する際にも、例えば $20 \times 10^6 \text{ W/m}^2$ より大きなパワー密度のレーザビームが使用できる。本実験のほとんどにおいては、 $150 \sim 300 \text{ W}$ のパワーのCO₂レーザを使用したが、より高いパワーのレーザを使用すればより成功したと思われる。

【0013】レーザは各端部のミラーにより規定される共振器内で生じるレーザ発振により動作する。安定な共振器の概念は、共振器を通る光線の光路の追跡により最も明確化することができる。安定性の閾値には、レーザ共振器の軸に平行な光線が二つのミラー間に前後に永久にその間を損失なく反射した場合に達する。

【0014】安定基準に達しない共振器は光線が軸からそれるために不安定共振器と呼ばれる。不安定共振器には多くの種類がある。一つの簡単な例としては平面ミラーに対する凸面球面ミラーのタイプがある。異なる直径の凹面ミラー（大きなミラーからの反射光が小さなミラーの端部周辺から逃げてしまう）や、対の凸面ミラーなどが他に含まれる。

【0015】共振器のその二つのタイプは異なる利点と異なるモードパターンを有する。安定な共振器はレーザ軸に沿って光を集中させ、その領域から効率よくエネルギーを抽出するが、軸から離れた外周領域からは抽出されない。それにより生じるビームは中心に強度ピークを有し、軸から離れるにつれ強度がガウシアン的に減衰する。これは低利得の持続波レーザとともに使用される標準的なタイプのものである。

【0016】不安定共振器は、より大きな体積にわたってレーザ共振器の内部の光を広げようとしてしまう。例えば、出力ビームは、軸周りにリング状の強度ピークを有する環状の形状を有したりする。

【0017】レーザの共振器には、横モードと縦モードの二つのタイプの異なるモードがある。ビームの断面形

状すなわち強度パターンにおいて、横モードが存在する。縦モードは、レーザの利得帯域内の異なる周波数もしくは波長で生じるレーザ共振器による異なる共振モードに相当する。単一縦モードで発振する単一横モードレーザは單一周波数で発振し、二つの縦モードで発振するものは二つの独立した波長で（通常近接した間隔で）同時に発振する。

【0018】レーザ共振器内の電磁界「形状」は、ミラーの曲率、間隔、放電管の空洞直径に依存する。ミラーの配列や間隔および波長がわずかに変化しても、レーザビームの「形状」（電磁界）は大きく変化してしまう。その「形状」やビームの空間エネルギー分布を述べる際に特別な術語を展開したが、ここでは横モードは二方向のビーム断面に表れる極小値の数に従って分類される。最も低次モードすなわち基本モードは中心に強度のピークがあり、 TEM_{00} モードとして知られる。これは図3に示されるようなガウシアン強度分布を有する従来使用されてきたレーザである。一軸に沿っては極小値が一つで、その垂直方向の軸に沿っては極小値のないモードは、 TEM_{01} または TE_{M_01} であり、それらはその方位によって決定される。 TEM_{01} モードの強度分布の例が図2に示されている（ビームを横切る距離dに対するビーム強度I）。ほとんどのレーザのアプリケーションでは、 TEM_{00} モードが最も望ましいと考えられている。しかしながら非ガウシアンモード例えば TEM_{01} モードや TE_{M_01} モードのビームが、ガラス表面へより均一にレーザエネルギーを送り込むために使用できることがわかった。結果的に、レーザがガウシアン強度分布を有する場合よりも低いパワーでより高いレーザ切り込み速度が達成できることがわかった。さらに、レーザ切り込み工程を拡大したその動作範囲により、レーザパワーをより広い範囲で使用することができる。これは非ガウシアンレーザビームにより、ビーム全体にわたってエネルギー分布の均一性をより向上することができるためだと思われる。

【0019】図2に示されるレーザビームはリング状からなる。このように、図2に示されるパワー分布はリング状のレーザビームのパワー分布の断面である。少なくとも一対の強度ピークが、それより低いパワー分布である中心領域の外周部に位置するような非ガウシアンビームが本発明において望ましい。このように、レーザビームの中心がレーザビームの少なくとも複数の外周領域のパワー強度よりも低いパワー強度を有することが望ましい。この低いパワー中心領域は、0パワーレベルに完全になってもよく、その場合レーザビームは100%の TEM_{01} パワー分布となる。しかしながら、レーザビームは2ピークモード、すなわち図2に示されるように、中心領域のパワー分布が単に外周領域のパワー分布以下に低下している TEM_{01} モードと TEM_{00} モードの組み合わせといった一つ以上のモードのレベルを組み合わ

せたものでもよい。ビームが2ピークモードの場合、そのビームは、50%以上が TEM_{01} モード、さらに好ましくは70%以上が TEM_{01} モードで、その残りが TEM_{00} モードとする組み合わせが望ましい。

【0020】ガラス10の表面温度はレーザビームにさらされる時間に直接依存するので、円形断面の代わりに楕円形状のビームを使用することにより、同じ相対速度においては、切断ラインに沿ったガラス表面の各点の加熱時間を広げられる。このように、レーザビーム16の規定のパワー密度で、ガラス10を熱するために必要な深さを維持するために重要であるレーザビームスポットから冷却スポットの前面端部までの距離が同じでないながら、レーザビームスポットがより移動方向に広がり、そしてまたレーザビームスポットと材料との相対速度をより許容可能なものとするでだろう。

【0021】本発明においては、レーザスポットは極度に細長い形状、例えば楕円形状を有し、この細長い形状の長軸は、20mm以上、より好ましくは30mm以上、さらには40mmから100mm以上であることが望ましい。レーザビームスポットの長軸は、ガラスシートを横切る所望切断ラインの伝搬方向にする。ガラスが薄いシート（1.1mmもしくはもっと薄い）に対しては、レーザビームスポットの長軸の最適長が所望伝搬速度に関係し、長軸bは一秒あたりの所望レーザ切り込み速度の10%より大きいことが望ましい。このように、0.7mmの厚みのガラスで所望レーザ切り込み速度50mmでは、レーザの長軸は少なくとも50mmの長さであることが望ましい。

【0022】本発明の好ましい具体的実施の形態として、クラック20はガラスシート10の深さ方向のみに拡がることが望ましい。ガラスシートをさらに小さいシートに最終的に分割するには、クラック20に曲げメントを付与することによりなされることが望ましい。その曲げは、従来の機械的表面切り込み方法を使用する工程においてガラスを切断するために使用されるような従来の曲げ装置（図示していない）や技術により達成できる。クラック20は機械的切り込みではなくレーザによる切断技術を使用しているので、機械的切断工程中に生じるガラスのチップの形成を、従来の技術と比較して最小限にできる。

【0023】本発明の好ましい具体的実施の形態として、デジタルコンピュータのようなシステム制御装置（図示していない）を、レーザやガラスシート、システム上の他の可動部品などの移動を制御するシステムに接続する。そのシステム制御装置はシステムの様々な部品の移動を制御するために従来の機械制御技術を用いている。システム制御装置はそのメモリ内に蓄積された様々な製造作動プログラムを使用し、各プログラムは、特定サイズのガラスシート用にレーザやガラスシート（さらには必要ならば他の可動部品）の移動を適切に制御する

よう設計されることが望ましい。

【0024】以下の例では、本発明による方法を実証している。

【0025】例1

この例では、ガウシアンパワー分布を有するCO₂レーザの動作を示す比較例である。

【0026】レーザ16はPRCコーポレーションが製造したモデル1200の軸流2ビームCO₂レーザであった。そのビームは約12mmのスポットサイズ(レーザの放出点でのレーザビームの直径)でガラス表面から約2メートルの場所に配置した。一对のシリンドリカルレンズを、レーザとガラス表面との間のレーザの光路内に配置し、レーザスポットを変形した。これによりレーザをガラスにあてるレーザスポットを、長さ約45-50mmで、その中間点で幅約0.1-0.15cmの細長く楕円形のビームとした。このレーザの共振器の基本モードはTEM₀₀である。これが共振器は発振可能な唯*

表1

レーザ速度	ピークパワー(W)	成功確率(%)
400mm/sec	120	100
420mm/sec	120-165	100
465mm/sec	165-175	100
475mm/sec	165-179	100
480mm/sec	168-179	66
500mm/sec	183-188	33

成功確率の欄は、それに対応するパワー範囲において達成された最もよいパフォーマンスを表す。100%の成功率は、記述されたパワー範囲において、レーザがガラスシートを実質的に時間中100%成功した動作パラメータがあったことを示している。

【0029】例2

例1に述べたものと同じ方法、装置およびレーザを使用し、レーザのパワー分布を変化させた。異なる光学形態として、より高次のモードを共振器内に発生させた。これらのモードは、例1で使用した00モードと同一軸状に重複し、00モードと比較して特定のサイズを有した。このような複数のサブビームからなり各々が独自の※

表2

レーザ速度	ピークパワー(W)	成功確率(%)
300mm/sec	90-145W	100
500mm/sec	155-195W	100
600mm/sec	200W	100
650mm/sec	200-220W	100
700mm/sec	250W	50

例1と例2の結果を比較するとわかるように、ガウシアンレーザは475mm/secまでのカット速度で100%の切断(ほぼ全てのサンプルを刻むことに成功した)が達成できた。これらの速度以上で、堅実に満足した結果を得ることは困難であった。例えば500mm/secでは、非常に小さな範囲のレーザパワーでしか切★50

*一のモードであるとき、共振する00モードレーザは可能な限り小さな発散で伝搬し、最も小さなスポットサイズで集光されるであろう。例1では、レーザのパワー分布は、小さな内部開口とともにレーザ前端面で「平面」光カッピングを利用することによりガウシアン(TEM₀₀モードで動作する)となった。

【0027】ガラスシート10はクラックの開始点19を形成するためガラスシートの端部に手動で切り込みをいた。これにより、ガラスの上面の一端に、約8mm長で約0.1mmの深さの小さな切り込みラインを形成してクラック開始点19をつくった。ガラスシート10は、レーザ16がクラック開始点19に接触するように配置され、ガラスシート10を、以下の表1に記載されたパワーと速度で、レーザ16の行路がガラスシートを横切る直線行路に沿うように移動させた。

【0028】

※強度形状を有するビームは、マルチモードビームと呼ばれる。これらのビームは独立であるので、その正味の分布は個々の形状の代数和であり、各モードのパワーの率により重みづけされる。それゆえ、TEM₀₀モードの量

30は光カッピングの曲率を変えたり、開口部の直径を大きくすることにより低減できる。例2では、レーザのパワー分布は約6.0対4.0のTEM₀₁とTEM₀₀モードの混合比に変化させた。これは、2.0メートルの曲率半径の四面光カッピングを「平面」光カッピングに置き換える、より大きな開口部にすることにより達成された。そのレーザのパワーと速度は表2に記載されるように変化した。

【0030】

★り込みに成功せず、全サンプル中33%以下でしか、そのパワー範囲において切り込みが成功しなかった。

【0031】全く同じレーザをTEM₀₁モードとTE₀₀モードの混合に変換すると、低いレーザパワーを使用してもより高い切断速度が達成できた。さらに、満足した切り込み端を達成するためにも、より広い範囲のレ

9

一ザパワーが許容可能であると思われる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるガラス切断方法工程の斜視図。

【図2】図1に示したレーザの所望強度形状を示したグラフ図。

【図3】標準的なガウシアンレーザのパワー分布を示したグラフ図。

【符号の説明】

10

10 ガラスシート

11 ガラスシート正面

16 レーザビーム

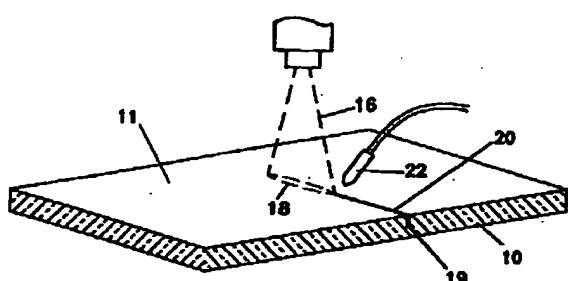
18 レーザスポット

19 クラック開始点

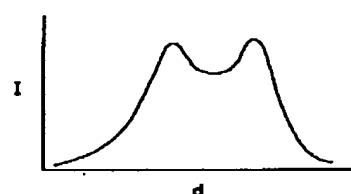
20 クラック

22 水ジェット

【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 ハリー ジェイ スティーブンス
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14830
コーニング マーチン ヒル ロード
1512